

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-58339

(43)公開日 平成7年(1995)3月3日

(51)Int.Cl.  
H 01 L 29/786  
21/336  
21/20

識別記号 庁内整理番号  
8122-4M  
9056-4M

F I  
H 01 L 29/ 78  
3 1 1 Y

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数4 FD (全7頁)

(21)出願番号 特願平5-220592

(22)出願日 平成5年(1993)8月12日

(71)出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所  
神奈川県厚木市長谷398番地

(72)発明者 竹村 保彦

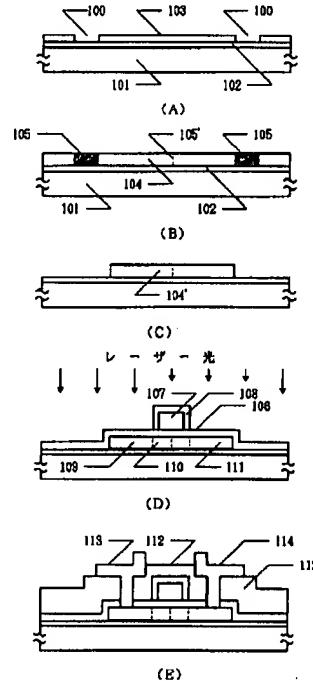
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
導体エネルギー研究所内

(54)【発明の名称】 半導体装置およびその作製方法

(57)【要約】

【目的】 特性および信頼性の優れた薄膜トランジスタ(TFT)を提供する。

【構成】 ニッケル等の結晶化を助長させる金属元素を添加することによって、横方向に結晶成長した珪素膜において、結晶粒界をゲート電極と並行に、かつ、ゲート電極のほぼ中央に配置することによって、もっとも、電界ストレスの大きなドレインとチャネル形成領域の境界付近には該粒界が存在しないようにしたTFT。ドレンとチャネル形成領域の境界付近にはニッケル等の金属元素が少ないため、しきい値電圧が小さく、また、ゲート電極に逆電圧を印加したときのリーク電流も小さい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】島状の珪素膜と、その少なくとも一部を覆うゲート絶縁膜と、該ゲート絶縁膜上に形成されたゲイト電極とを有する薄膜トランジスタにおいて、該島状の珪素膜は、結晶化を助長する金属元素を有する結晶性珪素膜であり、チャネル形成領域を有し、該チャネル形成領域には前記結晶化を助長する金属元素濃度の高い粒界が、キャリヤの流れと垂直な方向に存在し。

該チャネル形成領域は前記ゲイト電極と概略同一の形状を有することを特長とする。

【請求項2】請求項1において、該粒界はチャネル形成領域の概略中央に存在することを特徴とする薄膜トランジスタ。

【請求項3】非晶質珪素膜を形成する第1の工程と、前記非晶質珪素膜の少なくとも2か所に珪素膜の結晶化を助長する金属元素を導入する第2の工程と、前記非晶質珪素膜をアニールすることによって、結晶化させ、第2の工程によって金属元素の導入された箇所の概略中間の部分に線状の粒界を形成させる第3の工程と、

ゲート絶縁膜を形成する第4の工程と、

前記第3の工程で形成された線状の粒界に沿ってゲート電極を設ける第5の工程と、を有することを特長とする半導体装置の作製方法。

【請求項4】少なくとも2つの側面の露出した島状の非晶質珪素膜とそれと同一形状の保護膜とを形成する第1の工程と、

前記保護膜と非晶質珪素膜を覆って珪素膜の結晶化を助長する金属元素を含む被膜を形成する第2の工程と、アニールすることによって、該島状の珪素膜を結晶化させ、その概略中央部に線状の粒界を形成させる第3の工程と、

ゲート絶縁膜を形成する第4の工程と、

前記第3の工程で形成された線状の粒界に沿ってゲート電極を設ける第5の工程と、を有することを特長とする半導体装置の作製方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ガラス等の絶縁基板、あるいは各種基板上に形成された絶縁性被膜上に設けられた非単結晶珪素膜を有する絶縁ゲート型トランジスタ（すなわち、薄膜トランジスタ、TFT）に関するものである。本発明のTFTは、アクティブマトリクス型の液晶ディスプレーやその他の電子回路に利用される。

## 【0002】

【従来の技術】近年、ガラス等の絶縁基板上にTFTを有する半導体装置、例えば、TFTを画素の駆動に用いるアクティブ型液晶表示装置やイメージセンサー等が開発されている。これらの装置に用いられるTFTには、

薄膜状の珪素半導体を用いるのが一般的である。薄膜状の珪素半導体としては、非晶質珪素半導体（a-Si）からなるものと結晶性を有する珪素半導体からなるものの2つに大別される。非晶質珪素半導体は作製温度が低く、気相法で比較的容易に作製することが可能で量産性に富むため、最も一般的に用いられているが、導電率等の物性が結晶性を有する珪素半導体に比べて劣るため、より高速特性を得る為には、結晶性を有する珪素半導体からなるTFTの作製方法の確立が強く求められていた。

【0003】結晶性を有する薄膜状の珪素半導体を得る方法としては、非晶質の珪素膜を成膜しておき、長時間、熱エネルギーを印加（アニール）することにより結晶性を有せしめるという方法が知られている。しかしながら、アニール温度として600℃以上の高温にすることが必要であるため、安価なガラス基板を用いることが困難であること、さらに、アニール時間が数十時間にも及ぶためにスループットが低いことが問題であった。

【0004】このような問題に対し、ある種の金属元素を珪素膜に添加すると、この金属元素が触媒作用を示して、結晶化がより低温・短時間に進行することが発見された。このような結晶化を助長させる金属元素（触媒元素）としては、8族元素であるFe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Ptや3d元素であるSc、Ti、V、Cr、Mn、Cu、Zn、あるいはAu、Agが挙げられる。中でも顕著な効果が得られるのがNiである。

【0005】このような金属元素を用いてTFTを作製する例を図3を用いて説明する。基板301としては、コーニング7059等の無アルカリのホウ珪酸ガラスが使用される。そして、通常はこの基板上に厚さ500～5000Å、例えば2000Åの酸化珪素膜が下地膜302として形成される。そして、その上に厚さ200～5000Å、例えば800Åの非晶質珪素膜304がプラズマCVD法、減圧CVD法等の手段によって堆積される。そして、スパッタ法等の手段によって、非常に薄い触媒元素を含む膜304が一様に形成される。なお、この触媒元素を含む膜の厚さは、珪素膜に含まれる触媒元素の濃度を決定するので、通常は5～100Åといった薄いものである。あまりに薄い場合には、膜という形態を示さない。（図3（A））

【0006】その後、酸化珪素等で保護膜306を形成して、アニールをおこなう。保護膜の厚さは100～1000Å、例えば300Åである。アニールの温度は450～600℃、例えば550℃である。アニール時間は1～10時間、例えば4時間である。このアニール工程によって、非晶質珪素膜は結晶化する。そして、結晶化した珪素膜をバーニングして、島状の珪素膜領域305を形成する。この島状の領域はTFTの活性層として利用される。（図3（B））

3

その後、ゲイト絶縁膜307、ゲイト電極308を形成し、これをマスクとして公知のセルフアライン法によつて不純物を導入して、ソース309、ドレイン310を形成する。不純物の活性化には、図に示すよなレーザー照射や熱アニールが用いられる。(図3(C))

【0007】その後、層間絶縁膜311を形成し、コンタクトホールを開け、ソース、ドレインに電極312、313を形成して、TFTが完成する。(図3(D))  
このようにして形成されたTFTでは、触媒元素が活性層に一様に拡散し、半導体内に準位を形成しているため、特に高い電界が生じるドレインとチャネル形成領域の境界においてリーク電流が発生した。すなわち、ゲイト電極に逆の電圧(すなわち、Nチャネル型のTFTであれば負の電圧、Pチャネル型のであれば正の電圧)が印加されている場合に、印加電圧の絶対値が大きくなるほどソース/ドレイン間のリーク電流が増加するという減少をもたらした。また、TFTのしきい値電圧も高くなつた。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記の問題を解決する手段を提供するものである。本発明では、特に高い電界が生じるドレインとチャネル形成領域の境界部分の触媒元素の濃度を選択的に低くすることによって、上記の課題を解決する。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、従来のように一様に触媒元素を珪素膜に導入するのではなく、選択的に導入することを特長とする。このため、最初に導入された部分から結晶化が進行し、周囲に拡大してゆく。そして、本発明人の知見によると、結晶化された部分よりも結晶化の先端部分の方が約1桁程度、触媒元素の濃度が高い。そして、異なる部分から結晶化が進行した2つの結晶領域がぶつかる部分には粒界が発生し、結晶成長はその部分で停止し、触媒元素の濃度も粒界で最も高いままに保たれることが明らかになった。

【0010】このようにして形成された粒界は触媒元素の濃度が非常に高く、したがって、粒界がドレインとチャネル形成領域の境界に来るような配置は避けるべきである。逆に、常に粒界がチャネル形成領域の中央部に存在すれば、ドレインとチャネル形成領域の境界に粒界が存在することはなく、したがって、その部分の触媒元素の濃度は極端に低い。その結果、ゲイト電極に逆電圧印加時のリーク電流を低減し、しきい値電圧を低下させることができる。

【0011】すなわち、本発明は、選択的に少なくとも2か所から触媒元素を珪素膜中に導入することによって、結晶化をおこなうと同時に粒界を意図的に形成し、この粒界にゲイト電極を形成することを特色とする。粒界はゲイト電極を形成するのに適するように線状であることが望ましい。そして、ゲイト電極をマスクとして

4

セルフアライン法を用いて、ソース、ドレインを形成すれば、粒界は概略、チャネル形成領域の中央に位置することとなる。触媒元素の導入方法としては、実施例1のように非晶質珪素膜をマスク材で覆っておき、これに選択的に導入箇所を設けててもよいし、あるいは、実施例2のように島状珪素領域を形成して、この側面のみを露出させ、これを覆って、触媒元素を含む被膜を形成してもよい。

## 【0012】

10 【作用】本発明では、触媒元素の濃度の高い粒界は常にチャネル形成領域の概略中央に存在し、必然的にドレインとチャネル形成領域の境界部の触媒元素の濃度が低くなるので、ゲイト電極に逆電圧が印加された場合もリーク電流が小さく、また、しきい値電圧も低い。このため、TFTのON/OFF比を高め、特に、アクティブマトリクスに用いられるTFTのように電荷を保持する特性にすぐれたものとなる。しきい値電圧が低いということは低いゲイト電圧であっても電流駆動能力の高いTFTということである。このことはまた、高いON/OFF比を意味する。

## 【0013】

【実施例】【実施例1】図1に本実施例の作製工程の断面図を示す。まず、基板(コーニング7059)101上にスパッタリング法によって厚さ2000Åの酸化珪素の下地膜102を形成した。基板は、下地膜の成膜の前もしくは後に、歪み温度よりも高い温度でアニールをおこなった後、0.1~1.0°C/分で歪み温度以下まで徐冷すると、その後の温度上昇を伴う工程での基板の収縮が少なく、マスク合わせが用意となる。コーニング30 7059基板では、620~660°Cで1~4時間アニールした後、0.1~1.0°C/分、好ましくは、0.1~0.3°C/分で徐冷し、450~590°Cまで温度が低下した段階で取り出すとよい。

【0014】さて、下地膜成膜後、窒化珪素膜等によって形成されたマスク103を設けた。このマスク103は、100で示される部分が穴となっており、スリット状に下地膜102を露呈させる。即ち、図1(A)の状態を上面から見ると、スリット状に下地膜102は露呈しており、他は部分はマスクされている状態となっている。上記マスク103を設けた後、スパッタリング法によって、厚さ5~200Å、例えば20Åの金属ニッケル膜を全面に形成した。金属ニッケル膜の代わりに珪化ニッケル膜(化学式Ni<sub>x</sub>Si<sub>1-x</sub>、0≤x≤4、例えば、x=2.0)を用いてもよい。この状態で、ニッケルが100の領域に選択的に導入されることになる。(図1(A))

【0015】つぎに、マスク103のみを取り除き、プラズマCVD法によって、厚さ300~1500Å、例えば500Åの真性(I型)の非晶質珪素膜を成膜した。そして、不活性雰囲気下(窒素もしくはアルゴン、

大気圧)、550°C、で4~8時間アニールして結晶化させた。この際、ニッケル膜が選択的に残存した100の領域の上の領域105はニッケルの濃度の極めて高い領域であり、この領域105から横方向に結晶化が進行した。この結晶領域104は比較的、ニッケルの濃度の低い領域である。また、2つの領域から生じた結晶成長がぶつかった部分は粒界105'となり、ニッケルの濃度が高い。この粒界は、紙面に垂直に存在する。したがって、ちょうど、ゲート電極と同様に線状になっている。(図1(B))

【0016】この工程の後に、珪素膜をバーニングして、TFTの島状の活性層104'を形成した。活性層104'の大きさはTFTのチャネル長とチャネル幅を考慮して決定される。小さなものでは、 $50\text{ }\mu\text{m} \times 20\text{ }\mu\text{m}$ 、大きなものでは $100\text{ }\mu\text{m} \times 1000\text{ }\mu\text{m}$ であった。(図1(C))

【0017】つぎにプラズマCVD法によって厚さ1000Åの酸化珪素膜106をゲート絶縁膜として成膜した。CVDの原料ガスとしてはTEOS(テトラ・エトキシ・シラン、Si(O<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>)と酸素を用い、成膜時の基板温度は300~550°C、例えば400°Cとした。

【0018】引き続いて、スパッタリング法によって、厚さ6000~8000Å、例えば6000Åのアルミニウム(0.01~0.2%のスカンジウムを含む)を成膜した。そして、アルミニウム膜をバーニングして、ゲート電極107を形成した。ゲート電極は粒界105'の真上に位置するようにバーニングをおこなった。さらに、このアルミニウムの電極の表面を陽極酸化して、表面に酸化物層108を形成した。この陽極酸化は、酒石酸が1~5%含まれたエチレングリコール溶液中で行った。得られた酸化物層108の厚さは2000Åであった。なお、この酸化物108は、後のイオンドーピング工程において、オフセットゲート領域を形成する厚さとなるので、オフセットゲート領域の長さを上記陽極酸化工程で決めることができる。

【0019】次に、イオンドーピング法(プラズマドーピング法とも言う)によって、活性層104'にゲート電極部(ゲート電極107とその周囲の酸化層108)をマスクとして、自己整合的にPもしくはN導電型を付与する不純物を添加した。ドーピングガスとして、フォスフィン(PH<sub>3</sub>)またはジボラン(B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)を用い、前者の場合は、加速電圧を60~90kV、例えば80kV、後者の場合は、40~80kV、例えば65kVとする。ドース量は $1 \times 10^{15} \sim 8 \times 10^{15}\text{ c m}^{-2}$ 、例えば、燐を $2 \times 10^{15}\text{ c m}^{-2}$ とした。この結果、N型の不純物領域109と111が形成され、2つの不純物領域の間にチャネル形成領域110が残った。チャネル形成領域110の概略中央部には粒界105'が存在した。

【0020】その後、レーザー光の照射によってドーピングされた不純物の活性化をおこなった。レーザー光としては、KrFエキシマレーザー(波長248nm、パルス幅20nsec)を用いたが、他のレーザーであつてもよい。レーザー光の照射条件は、エネルギー密度が200~400mJ/cm<sup>2</sup>、例えば250mJ/cm<sup>2</sup>とし、一か所につき2~10ショット、例えば2ショット照射した。このレーザー光の照射時に基板を200~450°C程度に加熱することによって、効果を増大せしめてもよい。(図1(D))

【0021】また、この工程は、可視・近赤外光によるランプアニールによる方法でもよい。可視・近赤外線は結晶化した珪素、または燐またはホウ素が $10^{19} \sim 10^{21}\text{ cm}^{-3}$ 添加された非晶質珪素へは吸収されやすく、1000°C以上の熱アニールにも匹敵する効果的なアニールを行うことができる。燐またはホウ素が添加されていると、その不純物散乱により、近赤外線でも十分光が吸収される。その反面、ガラス基板へは吸収されにくいので、ガラス基板を高温に加熱することなく、また短時間の処理ですむので、ガラス基板の縮みが問題となる工程においては最適な方法であるといえる。

【0022】続いて、厚さ6000Åの酸化珪素膜112を層間絶縁物としてプラズマCVD法によって形成した。この層間絶縁物としてはポリイミドまたは酸化珪素とポリイミドの2層膜を利用してもよい。さらにコンタクトホールを形成して、金属材料、例えば、窒化チタンとアルミニウムの多層膜によってTFTの電極・配線113、114を形成した。最後に、1気圧の水素雰囲気で350°C、30分のアニールをおこない、TFTを完成した。(図1(E))

【0023】上記に示す回路は、1つのTFT(Nチャネル型TFT)だけであるが、複数の異種のTFTを組み合わせて、例えば、PTFTとNTFTとを相補型に設けたCMOS構造としてもよい。

【0024】本実施例においては、ニッケルを導入する方法として、非晶質珪素膜下の下地膜102上に選択的にニッケルを薄膜として形成し、この部分から結晶成長をおこなう方法を採用したが、非晶質珪素膜を形成後に、選択的にニッケル膜を成膜する方法でもよい。即ち、結晶成長は非晶質珪素膜の上面から行ってもよいし、下面から行ってもよい。また、予め非晶質珪素膜を成膜し、さらにイオンドーピング法を用いて、ニッケルイオンをこの非晶質珪素膜104中に選択的に注入する方法を採用してもよい。この場合は、ニッケル元素の濃度を細かく制御することができるという特徴を有する。またプラズマ処理やCVD法による方法でもよい。

【0025】図4には、本実施例で得られたTFTの特性(a)と従来の方法によって得られたTFTの特性(b)(いずれも、V<sub>G</sub>-I<sub>D</sub>特性)を示す。測定時のソースードレイン電圧は1Vである。前者(a)は、ゲ

イトに負の電圧が印加された際のリーク電流 ( $I_{OFF\ a}$ ) が小さく、また、正の電圧が印加された際の立ち上がり ( $S_a$ ) が急峻であり、ON/OFF 比も 9 极で理想的な電界効果トランジスタであることがわかる。一方、後者 (b) も電界効果トランジスタとして機能することは示されているが、リーク電流 ( $I_{OFF\ b}$ ) が前者に比べ大きく、正の電圧が印加された際の立ち上がり ( $S_b$ ) が緩やかで、ON/OFF 比も 6 极程度である。しきい値電圧も前者の方が小さい。このように、本発明によって、TFT の特性を改善できることが明らかになった。

【0026】〔実施例2〕本実施例の作製工程の概略を図2に示す。本実施例において、基板201としてはコーニング7059ガラス基板（厚さ1.1mm、300×400mm）を使用した。基板は実施例1と同様に、640°Cで4時間アニールしたのち、0.2°C/分で550°Cまで徐冷したものを用いた。まず、下地膜202（酸化珪素）をプラズマCVD法で2000Åの厚さに形成した。CVDの原料ガスとしてはTEOSと酸素を用いた。下地膜形成後に、再び、550°Cで1時間アニールした。

【0027】その後、LPCVD法もしくはプラズマCVD法で非晶質珪素膜を500Åの厚さに堆積した。さらに、プラズマCVD法によって厚さ200Åの酸化珪素膜を堆積した。その上にフォトレジストもしくは感光性ポリイミドを塗布し、これを公知のフォトリソグラフィー法によって露光した。そして、このとき残ったフォトレジスト等のマスク材205を用いて、ウェットエッチングおよびドライエッチングによって、酸化珪素膜と非晶質珪素膜をエッチングし、島状の珪素膜203とその上に密着している酸化珪素膜204を得た。そして、スパッタ法によって厚さ100~1000Å、例えば500Åのニッケル膜206を全面に形成した。（図2(A)）

【0028】そして、450°Cで1時間脱水素化を行った後、加熱アニールによって結晶化を行った。このアニール工程は、窒素雰囲気下、550°Cで8時間行った。このアニール工程において、非晶質珪素膜203の側面はニッケル膜と接触しているので、この部分207のニッケル濃度は極めて高かった。そして、この部分207から矢印に示すように結晶化が進行した。さらに、島状珪素膜の側面から結晶化が進行したために、概略中央で結晶がぶつかり合って、粒界208が形成された。この粒界は紙面に垂直に存在し、上面から見ると、ゲート電極と同様に線状に存在する。（図2(B)）

【0029】結晶化工程の後、酸化珪素膜204除去し、あらためてTEOSを原料とする、酸素雰囲気中のプラズマCVD法によって、酸化珪素のゲート絶縁膜（厚さ70~120nm、典型的には120nm）209を全面に形成した。基板温度は350°Cとした。次に

公知の多結晶珪素を主成分とした膜をCVD法で形成し、パターニングを行うことによって、ゲート電極210を形成した。ゲート電極は粒界208の真上にあるようパターニングした。また、ゲート電極の多結晶珪素には導電性を向上させるために不純物として燐を0.1~5%導入した。

【0030】その後、N型の不純物として、燐をイオンドーピング法で注入し、自己整合的にソース領域211、ドレイン領域212を形成した。そして、KrFレーザー光を照射することによって、イオン注入のために結晶性の劣化した珪素膜の結晶性を改善させた。このときにはレーザー光のエネルギー密度は250~300mJ/cm<sup>2</sup>とした。このレーザー照射によって、このTFTのソース/ドレインのシート抵抗は300~800Ω/cm<sup>2</sup>となった。また、この工程は可視・近赤外光のランプアニールによって行ってもよい。以上のようにして、チャネル形成領域のほぼ中央に粒界が存在する活性層が得られた。（図2(C)）

【0031】その後、酸化珪素またはポリイミドによって層間絶縁物213を形成し、さらに、コンタクトホールを形成して、TFTのソース/ドレイン領域にクロム/アルミニウム多層膜で電極214、215を形成した。最後に、水素中で200~400°Cで2時間アニールして、水素化をおこなった。このようにして、TFTを完成した。さらに、より耐湿性を向上させるために、全面に窒化珪素等でパッシベーション膜を形成してもよい。（図2(D)）

### 【0032】

【発明の効果】本発明では、実施例からも明らかなように非晶質珪素の結晶化を助長する金属元素（触媒元素）の濃度の大きな粒界がチャネル形成領域の概略中央に位置するため、最も電界の大きなドレインとチャネル形成領域の境界は、常に触媒元素の濃度が低いという特長を有する。このため、ゲート電極に逆電圧を印加した場合のソース/ドレイン間のリーク電流は少なく、また、しきい値電圧も低い。さらに、長期の使用による劣化も少ないという特長を有する。特に本発明のTFTはON/OFF比が大きいため、アクティブマトリクスのように電荷を保持する目的に適している。実施例では触媒元素として、ニッケルを用いる例を示したが、その他の例示した金属元素であってもよいことはいうまでもない。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例1のTFTの作製工程を示す。

【図2】 実施例2のTFTの作製工程を示す。

【図3】 従来法によるTFTの作製工程を示す。

【図4】 実施例1で得られたTFTと従来の方法で得られたTFTの特性（ $I_D - V_G$  特性）を示す。

### 【符号の説明】

101 ガラス基板

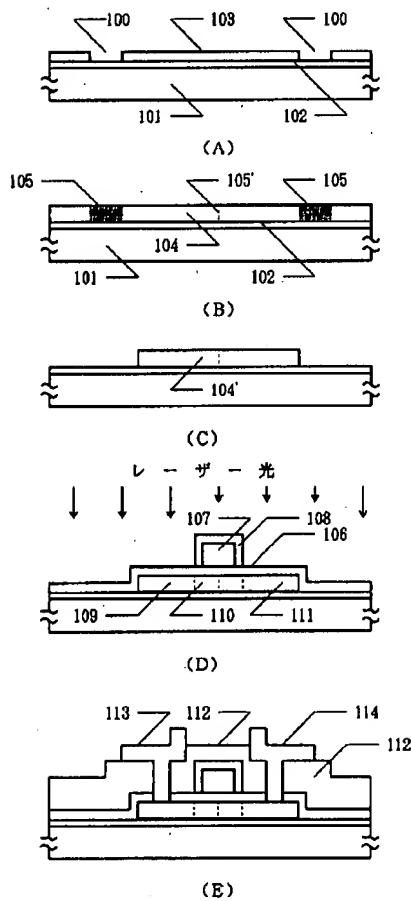
102 下地膜（酸化珪素膜）

9

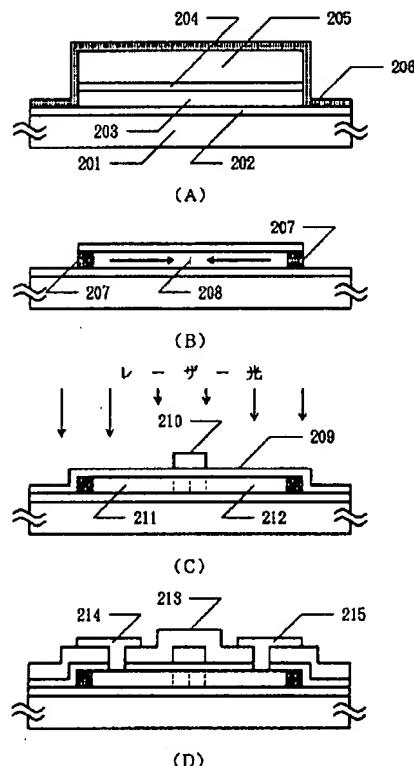
103 マスク  
 104 結晶性硅素膜  
 104' 島状硅素膜（活性層）  
 105 ニッケル濃度の高い領域  
 105' 粒界  
 106 ゲイト絶縁膜（酸化硅素膜）  
 107 ゲイト電極（アルミニウム）

108 陽極酸化層（酸化アルミニウム）  
 109 ソース（ドレイン）領域  
 110 チャネル形成領域  
 111 ドレイン（ソース）領域  
 112 層間絶縁物  
 113 電極  
 114 電極

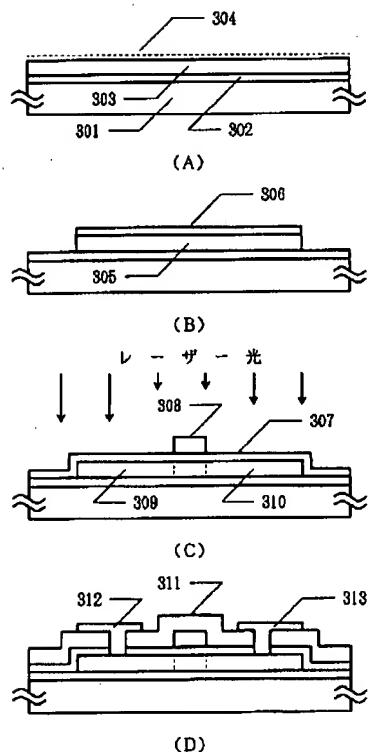
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

